



TITLE:

Analysis of the Quantum Heat Transport under Non-Perturbative and Non-Markovian Conditions: The Hierarchical Equations of Motion Approach(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

Kato, Akihito

CITATION:

Kato, Akihito. Analysis of the Quantum Heat Transport under Non-Perturbative and Non-Markovian Conditions: The Hierarchical Equations of Motion Approach. 京都大学, 2017, 博士(理学)

ISSUE DATE:

2017-03-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k20194>

RIGHT:

学位規則第9条第2項により要約公開

(続紙 1)

京都大学	博 士（理 学）	氏名	加藤 彰人
論文題目	Analysis of the Quantum Heat Transport under Non-Perturbative and Non-Markovian Conditions: The Hierarchical Equations of Motion Approach (非摂動・非マルコフ環境下における量子熱輸送の解析：階層型運動方程式によるアプローチ)		
(論文内容の要旨)			
<p>近年、ナノスケールにおける物質の制御・測定技術の進歩により、ミクロな系における熱力学を量子力学に基づいて構築しようとする試みが活発に行われている。例えば、量子繚れ・相関・コヒーレンスのような量子論特有の効果が熱力学にどのように現れるかといった問題は、古典論の限界を超える効率を持つ量子熱機関の作成といった応用的側面をも含んでおり関心を集めている。新たな熱機関装置の提案や動作効率の上昇のためには、簡単なモデルを用いて量子熱機関の動力学に関する知見をミクロな視点から得ることが重要である。従来のアプローチでは、2次摂動量子マスター方程式を用いてそのような解析が行われてきた。しかしながら、この方法は系と環境の相互作用が弱い状況でしか用いることができず、また系・環境間の相関も過小評価している。系のコヒーレントな動力学と環境ゆらぎによる相互作用が励起子移動を最適化するように、量子熱機関においても従来のアプローチでは取り扱うことが出来ない領域に拡張しようとすることは重要である。近年このような非摂動領域に対しても適用可能な数値計算手法の構築が複数提案されているが、熱浴の相関時間が短い場合や駆動力が断熱的な場合に限られていたり、また長時間での時間発展に対して不安定であるといった欠点があった。本学位論文においてはこれらの欠点を克服したアプローチの一つとして、階層型運動方程式による方法を用いて量子熱機関のような熱輸送過程を数値的に厳密に取り扱うことのできる方法を構築した。従来定常熱流として等価であるとみなされ用いられてきた2つの熱流の定義に対し、系・環境間の強結合領域において、これら2つの定義に違いが生じうることを指摘した。さらに、これら2つの熱流の定義を縮約系の動力学から計算可能な相関関数によって表される式の導出を行った。これらの表式を階層型運動方程式を用いることで数値的に厳密に評価することを可能とする方法の導出を行った。この方法を用いた数値計算の結果、片方の定義は予想通り強結合領域において熱力学第二法則を破ることを数値的に示した。また、この定義は非摂動領域における系・環境間の量子相関の効果を観測量として適切に取り込むことが出来るかどうかにより違いが生じうることを明らかにした。</p>			

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

申請者は本学位論文において、系・環境間の強結合領域においても適用可能な熱流の計算方法の提案を行った。強結合領域は系と環境の量子相関により非自明かつ多様な現象が生じうる舞台となることが近年の凝縮系実験等における進歩により明らかになっており、申請者の提案した従来の方法論の欠点を克服した解析手法の提案は、今後さらに重要性を増すと考えられる。

申請者は従来広く用いられてきた熱流の2つの定義に対して数値的に厳密に評価する方法を考案し、これらが強結合領域において片方の定義は熱力学第二法則を破ることを示し、強結合領域でも正しい熱流の定義の提案を行った。これは本研究においてはじめて明らかにされたことであり、今後当該分野における影響も大きいと考えられる。

よって、本論文は博士(理学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成29年1月17日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。

要旨公表可能日： 年 月 日以降